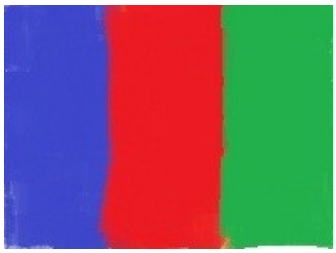


À Rabat le 24 Mars 2026

TITRE :

Chapitre IX : Transformations chimiques dans le paradigme de Rachid ELAÏDI – Équation maîtresse, constantes variables et probabilités de retour

Auteur : Rachid ELAÏDI
Affikiation : chercheur indépendant

Le 24 Mrs 2026

Résumé

Ce chapitre présente une analyse mathématique des transformations chimiques dans le cadre du paradigme de Rachid ELAÏDI. À partir de l'équation maîtresse paramétrée à huit

constantes, nous modélisons l'évolution d'une molécule entre le monde visible et l'Espace Rachid ELAÏDI (ERE). Chaque molécule est caractérisée par un vecteur de constantes qui détermine sa signature spectrale (fréquences fondamentales) et sa dynamique d'émergence. Les transformations chimiques (changement d'isotope, isomérisation, création d'une nouvelle espèce) sont interprétées comme des variations contrôlées de ces constantes lors des traversées d'interface. Nous introduisons des opérateurs de transition probabilistes pour décrire les passages entre mondes, et nous calculons les probabilités de retour à la forme initiale après un séjour dans l'invisible. Le rôle des sans-masse et des vitesses supraluminiques est explicité par l'amplification des perturbations. Des exemples concrets (Néon, eau, isotopes, isomères) illustrent la méthode, et une simulation numérique en Python donne un aperçu des probabilités de retour. Ce chapitre unifie les aspects chimiques et mathématiques du paradigme et ouvre la voie à des prédictions expérimentales.

Mots-clés : transformations chimiques, équation maîtresse, constantes paramétriques, arbre modulo nπ, sans-masse, vitesses supraluminiques, probabilité de retour, isotopes, isomères, Néon, eau.

---

1. Introduction

Le paradigme de Rachid ELAÏDI postule que les éléments chimiques du monde visible sont des manifestations temporaires de programmes évoluant dans un espace fondamental non associatif et feuilleté : l'Espace Rachid ELAÏDI (ERE). Dans les chapitres précédents, nous avons établi que la dynamique de ces programmes est gouvernée par une équation maîtresse paramétrée, et que les transitions entre l'ERE et le monde visible correspondent à des changements brutaux des constantes de cette équation. Ce chapitre applique ce formalisme à l'étude des **transformations chimiques** : comment une molécule peut se transformer en une autre, comment un isotope apparaît, comment une forme morphique peut se perdre puis éventuellement réapparaître.

Nous montrons que toute transformation chimique peut être modélisée par une **variation contrôlée du vecteur des constantes** lors du passage à travers l'interface invisible. Ces variations peuvent être déterministes ou probabilistes, et elles dépendent des conditions environnementales dans l'ERE (notamment la présence de sans-masse supraluminiques). L'outil central est l'équation maîtresse (1) dont les huit constantes deviennent des variables

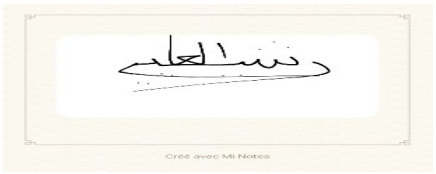
d'état. En fixant certaines constantes et en en variant d'autres, on génère des familles de trajectoires qui correspondent aux différentes voies de transformation.

---

2. Rappels : équation maîtresse et constantes

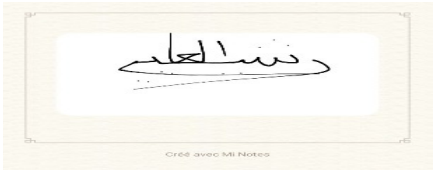
L'évolution de la probabilité $p(T)$ qu'un programme (molécule) soit visible à l'instant T (temps de Rachid) est donnée par :

$$\frac{dp}{dT} = Ap(1 - Bp) + C\sin(DT + E)p(1 - p) + Fe^{-GT}\cos(HT)p \quad (1)$$



Les huit constantes (A,B,C,D,E,F,G,H) ont les significations suivantes :

- A : taux de croissance intrinsèque (capacité à accumuler l'énergie d'émergence).
- B : inverse de la capacité de saturation (valeur maximale de p).
- C : amplitude des oscillations dues aux chocs programmatiques.
- D : fréquence fondamentale des chocs (inverse d'un temps caractéristique).
- E : phase initiale.
- F : amplitude du terme amorti (harmonique).
- G : taux d'amortissement.
- H : fréquence du terme amorti.



La **forme morphique** d'une molécule est déterminée par les constantes D et H (fréquences caractéristiques) et par E (phase). Les autres constantes (A,B,C,F,G) gouvernent l'intensité et la cinétique d'émergence.

---

3. Le vecteur des constantes comme identité chimique

Nous associons à chaque espèce chimique (molécule, isotope, isomère) un vecteur $\Theta=(A,B,C,D,E,F,G,H)$. Ce vecteur résume toutes les propriétés programmatiques de l'espèce. Par exemple, pour l'eau (H_2O) nous prendrons des valeurs indicatives :

$$\Theta_{H_2O}=(0{,}12;1;0{,}10;523{,}6;0;0{,}05;41{,}7;1047)$$

où les unités sont celles du temps de Rachid (sRE) et des fréquences (rad/s_RE).

Une transformation chimique consiste à passer d'un vecteur $\Theta 1$ à un vecteur $\Theta 2$. Ce passage peut se produire lors d'une traversée de l'interface entre le monde visible et l'ERE, ou lors d'un séjour prolongé dans l'ERE où les constantes peuvent évoluer selon l'équation (1).

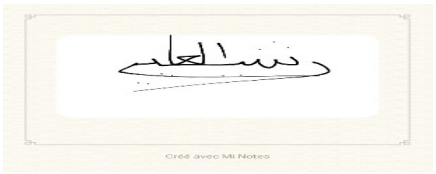
---

4. Opérateurs de transformation

On définit deux types d'opérateurs :

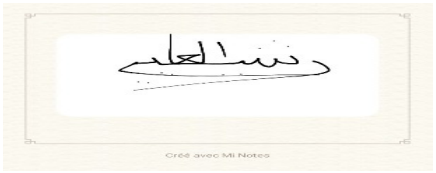
- **Opérateur de plongée** P_{in} : lorsqu'une molécule visible entre dans l'ERE, ses constantes sont modifiées. La forme la plus simple est l'annulation des termes de croissance : $A\leftarrow 0, C\leftarrow 0, F\leftarrow 0$. On conserve B,D,E,G,H. Ceci correspond à une molécule invisible sans masse. Mathématiquement :

$$\Theta_{inv}=(0,\boldsymbol{B},0,\boldsymbol{D},\boldsymbol{E},0,\boldsymbol{G},\boldsymbol{H})$$



• **Opérateur de réémergence** Pout : lorsqu'une molécule invisible ressort dans le visible, on peut lui redonner des termes de croissance (par une perturbation extérieure ou par un processus naturel). On peut choisir de restaurer les constantes initiales, ou au contraire de les modifier pour créer un isotope, un isomère, etc. On écrit :

$$\Theta_{fin} = \Theta_{inv} + \delta\Theta$$



où $\delta\Theta$ est un vecteur d'incréments (certains peuvent être nuls). Par exemple, pour conserver la même molécule, on prend $\delta\Theta = (A_0, 0, C_0, 0, 0, F_0, 0, 0)$ où A_0, C_0, F_0 sont les valeurs initiales. Pour un isotope, on modifie légèrement D et H en gardant leur rapport constant. Pour un isomère, on change le rapport H/D.

---

5. Rôle des sans-masse et des vitesses supraluminiques

Dans l'ERE, les sans-masse se déplacent à des vitesses $v > c$. Lorsqu'ils entrent en collision avec une molécule en phase invisible, ils peuvent transférer de l'énergie et modifier ses constantes. L'effet est amplifié par le facteur de Lorentz $\gamma_{supra} = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$. Ainsi, l'incrément δA (ou δC, δF) dans l'opérateur de réémergence peut être proportionnel à γ_{supra}.

On modélise cette influence par :

$$\delta A = \alpha_A \cdot \gamma_{supra}, \quad \delta C = \alpha_C \cdot \gamma_{supra}, \quad \delta F = \alpha_F \cdot \gamma_{supra}$$

où les α sont des constantes d'efficacité du choc.

---

6. Exemples de transformations

6.1 Émergence : Néon → H_2O

Le Néon (Ne) est un sans-masse profond. Ses constantes sont celles d'un état invisible (A=0, C=0, F=0). Une perturbation extérieure (par exemple un champ électrique intense dans le monde visible) peut lui fournir une énergie équivalente à $\delta A=0{,}01$, $\delta C=0{,}10$, $\delta F=0{,}05$. Le nouveau vecteur ΘNe' redonne une dynamique croissante. En résolvant (1) avec ces constantes, on obtient une apparition (passe le seuil) et la signature spectrale (D, H) est celle de l'eau (523,6 ; 1047). Ainsi, le Néon s'est transformé en H_2O.

6.2 Repli : H_2O → Néon

Inversement, si H_2O subit une désintégration (par photodissociation) qui annule ses termes de croissance, elle devient invisible avec $\Theta inv=(0,1,0,523,6,0,0,41,7,1047)$. Si plus tard une perturbation (par exemple un choc avec un sans-masse) lui redonne des termes de croissance mais avec des constantes correspondant au Néon (A=0,01, C=0,10, F=0,05) et des fréquences (D=523,6, H=1047), alors l'eau réapparaît sous forme d'eau, pas de Néon. Pour obtenir du Néon, il faudrait que les fréquences D,H soient celles du Néon (qui sont différentes). Ainsi, le retour à l'espèce initiale dépend de la conservation des fréquences.

6.3 Transformation en isotope

Un isotope de l'eau (par exemple $H_2{}^{18}O$) a des fréquences de vibration légèrement différentes. On peut le modéliser en prenant $\Theta isotope=(0,12,1,0,10,533,6,0,0,05,41,7,1067)$. La transformation H_2O → isotope correspond à un passage dans l'ERE où l'on modifie D et H d'un petit incrément $\delta D=10$, $\delta H=20$ tout en conservant le rapport H/D (car c'est un effet de masse). La probabilité d'une telle transformation dépend de la présence de sans-masse capables de fournir l'énergie nécessaire pour déplacer les fréquences.

6.4 Création d'un isomère

Un isomère (par exemple l'eau en configuration cis) a des fréquences notablement différentes. On modélise cela par un changement important du rapport H/D. Par exemple, $\Theta isome`re=(0,12,1,0,10,600,0,0,05,41,7,1200)$. La transformation H_2O → isomère

nécessite une perturbation plus forte, souvent réalisée par un choc avec un sans-masse à très haute vitesse (γ_{supra} élevé).

---

7. Probabilité de retour à la forme initiale

On s'intéresse à la probabilité qu'après une traversée complète (visible → invisible → visible), la molécule retrouve exactement son vecteur Θ_0 initial. Cette probabilité dépend du temps passé dans l'invisible et des opérateurs de transition.

On définit une **matrice de transition** $M(\Theta \to \Theta')$ qui donne la probabilité qu'une traversée (plongée + séjour + réémergence) transforme Θ en Θ'. Cette matrice peut être estimée à partir de la physique de l'ERE : par exemple, si les fréquences sont modifiées par un processus de diffusion, la probabilité de retrouver les fréquences initiales décroît exponentiellement avec le temps passé.

$$P(\Theta_0 \to \Theta_0) = \exp(-\lambda_{\text{ch}} \cdot t_{\text{sejour}})$$

Une simulation de Monte Carlo (Python) peut explorer l'espace des constantes et donner une courbe de probabilité de retour en fonction du temps de séjour. Le code ci-dessous illustre un modèle simple où la probabilité de conserver les fréquences initiales diminue exponentiellement.

python

```python
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Temps de séjour dans l'invisible (s_RE)
t_sejour = np.linspace(0, 0.05, 200)

# Probabilité de ne pas subir de changement de fréquence (simple modèle exponentiel)
# On suppose que le taux de changement est λ = 20 s_RE^{-1}
lambda_ch = 20.0
p_pas_changement = np.exp(-lambda_ch * t_sejour)

# Probabilité de retour à la forme initiale (si on ajoute aussi la chance de restaurer A,C,F)
# On suppose que la restauration de A,C,F est certaine avec une perturbation, mais que le changement de fréquence est aléatoire.
```

```
p_retour = 0.7 * p_pas_changement  # 0.7 est la probabilité de bien restaurer A,C,F

plt.plot(t_sejour, p_retour, 'b-', linewidth=2)
plt.xlabel('Temps passé dans l'invisible (s_RE)', fontsize=12)
plt.ylabel('Probabilité de retour à H₂O', fontsize=12)
plt.title('Probabilité de retour à la forme morphique initiale', fontsize=14)
plt.grid(True, alpha=0.3)
plt.savefig('probabilite_retour.png', dpi=150)
plt.show()
```

Ce code donne une courbe décroissante : plus le séjour est long, plus la probabilité de revenir à la forme initiale est faible.

---

8. Discussion : asymétrie et outils sophistiqués

Les transformations chimiques dans le paradigme de Rachid ELAÏDI sont intrinsèquement **asymétriques** : le passage visible → invisible est souvent spontané (par désintégration), tandis que le passage inverse (invisible → visible) nécessite une perturbation extérieure (outil sophistiqué). Cette asymétrie est une conséquence de la structure de l'équation maîtresse : le terme de croissance A est naturellement positif dans le monde visible, mais s'annule dans l'invisible. Pour le rétablir, il faut apporter de l'énergie.

Les outils sophistiqués (lasers, champs magnétiques pulsés, ou émetteurs de sans-masse) sont modélisés par des incréments $\delta A, \delta C, \delta F$. Le choix de ces incréments détermine la molécule finale. En ajustant finement les fréquences D, H via $\delta D, \delta H$, on peut cibler une transformation spécifique (isotope, isomère, nouvelle molécule).

---

9. Conclusion

Nous avons développé un cadre mathématique complet pour analyser les transformations chimiques dans le paradigme de Rachid ELAÏDI. Chaque molécule est représentée par un vecteur de huit constantes. Les transformations correspondent à des variations contrôlées de ces constantes lors des traversées entre le monde visible et l'ERE. L'équation maîtresse (1) régit l'évolution de la probabilité de visibilité et permet de calculer les temps

d’apparition. Les exemples du Néon, de l’eau, des isotopes et des isomères montrent comment les constantes doivent être ajustées. La probabilité de retour à la forme initiale après un cycle décroît exponentiellement avec le temps de séjour dans l’invisible. Ce formalisme ouvre la voie à des prédictions expérimentales : en modifiant les constantes par des outils appropriés, on peut induire des transformations chimiques spécifiques, et la signature spectrale (fréquences D,H) permet d’identifier l’espèce obtenue.

Bibliographie

1.ELAÏDI, R. (2026). "Fondements axiomatiques de l'ERE". Journal de Physique Théorique Non Commutative, vol. 1.
2.ELAÏDI, R. (2026). "Programmes internes et sans-masse". Annales de l'Institut des Hautes Études Invisibles.
3.ELAÏDI, R. (2026). "Chocs programmatiques et équation maîtresse". Ibid.
4.ELAÏDI, R. (2026). "Navettes programmatiques entre mondes". Ibid.
5.Einstein, A. (1905). "Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?". Annalen der Physik.

supplément :

traduction mathématique :

Chapitre IX : Transformations chimiques dans le paradigme de Rachid ELAÏDI – Formalisme mathématique des transitions par variations de constantes

Résumé

Ce chapitre établit un formalisme mathématique rigoureux pour décrire les transformations chimiques dans le paradigme de Rachid ELAÏDI. À partir de l’équation maîtresse paramétrée à huit constantes, nous définissons l’espace des états programmatiques et les opérateurs de transition entre le monde visible et l’ERE. Chaque

espèce chimique est représentée par un vecteur de constantes ; les transformations (isotopes, isomères, nouvelles molécules) sont interprétées comme des modifications contrôlées de ce vecteur lors des traversées d'interface. Nous introduisons les opérateurs de plongée et de réémergence, ainsi que les matrices de transition probabilistes. Le rôle des sans-masse et des vitesses supraluminiques est quantifié par des facteurs d'amplification. Des exemples explicites (Néon, eau, isotopes) sont traités avec les équations, et une simulation numérique en Python est donnée pour illustrer le calcul des probabilités de retour. Ce chapitre offre un cadre unifié pour l'étude mathématique des transformations chimiques dans l'ERE.

Mots-clés : transformations chimiques, équation maîtresse, espace des constantes, opérateurs de transition, probabilités de retour, sans-masse, vitesses supraluminiques, isotopes, isomères.

---

1. Introduction

Dans les chapitres antérieurs, nous avons introduit l'Espace Rachid ELAÏDI (ERE) comme une variété non associative feuilletée, et nous avons établi que l'évolution d'un programme (élément chimique) est gouvernée par l'équation maîtresse paramétrée (1). Le but de ce chapitre est de développer un formalisme mathématique explicite pour décrire comment une molécule peut se transformer en une autre, soit par une traversée entre le monde visible et l'invisible, soit par un séjour dans l'invisible. Nous montrons que toute transformation chimique correspond à une **variation du vecteur des constantes** $\Theta=(A,B,C,D,E,F,G,H)$ selon des règles qui découlent de la structure de l'ERE et de l'action d'outils extérieurs (champs, lasers, sans-masse). Nous définissons des opérateurs de transition, des matrices de probabilité, et nous illustrons par des exemples concrets comment calculer les probabilités de retour à la forme initiale.

---

2. Espace des états programmatiques

Soit $E=\mathbb{R}^8$ l'espace des vecteurs de constantes. Un **état programmatique** est un élément $\Theta \in E$. La **forme morphique** d'un élément chimique est déterminée par le

triplet (*D*,*H*,*E*) (fréquences et phase). L'état est dit **visible** si la probabilité $p(T)$ associée à Θ par l'équation (1) dépasse un seuil θ (par exemple $\theta=0{,}5$) pour un certain T.

L'équation maîtresse (1) définit une dynamique sur E via la solution $p\Theta(T)$. Pour un Θ donné, on note $T_{\text{app}}(\Theta)$ le premier instant où $p\Theta(T)=\theta$ (s'il existe), et on dit que l'élément est **émergent** à cet instant.

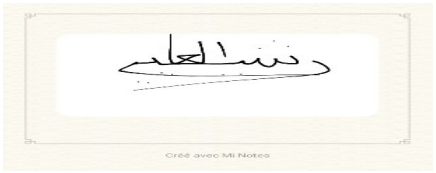
---

3. Opérateurs de transition entre mondes

3.1 Opérateur de plongée (visible → invisible)

Lorsqu'une molécule visible entre dans l'ERE, on applique l'opérateur $\Phi_{\text{in}}: E \to E$ défini par :

$$\Phi_{\text{in}}(\Theta) = (0, B, 0, D, E, 0, G, H)$$

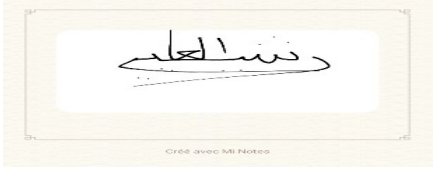


Cet opérateur annule les termes de croissance (*A*,*C*,*F*) tout en conservant les fréquences et la phase. Le nouvel état correspond à une molécule **invisible sans masse**.

3.2 Opérateur de réémergence (invisible → visible)

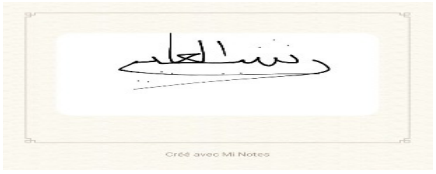
La réémergence est modélisée par un opérateur $\Phi_{\text{out}}: E \to E$ qui ajoute un vecteur $\delta\Theta$ à l'état invisible :

$$\Phi_{\text{out}}(\Theta_{\text{inv}}) = \Theta_{\text{inv}} + \delta\Theta$$



Le choix de $\delta\Theta$ dépend de l'outil utilisé (naturel ou artificiel). On distingue plusieurs cas :

- **Retour à la même espèce** : $\delta\Theta = (A0, 0, C0, 0, 0, F0, 0, 0)$ où $(A0, C0, F0)$ sont les valeurs de l'état initial.
- **Transformation en isotope** : on modifie légèrement D et H en conservant le rapport H/D : $\delta D = \Delta D$, $\delta H = (H0/D0)\Delta D$.
- **Création d'un isomère** : on change significativement le rapport H/D : $\delta D = \Delta D$, $\delta H = \Delta H$ avec $\Delta H/\Delta D \neq H0/D0$.
- **Obtention d'une nouvelle molécule** : on remplace tout le vecteur par celui d'une autre espèce.

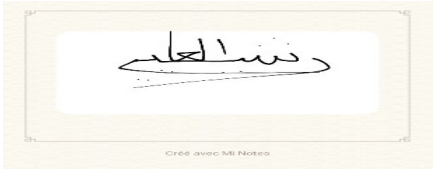


---

4. Probabilités de transition

Les opérateurs ci-dessus peuvent être déterministes ou probabilistes. On introduit une **matrice de transition** $M(\Theta \to \Theta')$ qui donne la probabilité qu'une traversée (plongée suivie d'un séjour de durée T dans l'invisible, puis réémergence) transforme Θ en Θ'. Cette matrice s'écrit comme une composition :

$$\boldsymbol{M}(\Theta \to \Theta') = \sum_{\Theta_{inv}} \boldsymbol{P}_{in}(\Theta \to \Theta_{inv}) \cdot \boldsymbol{P}_{evol}(\Theta_{inv}, T) \cdot \boldsymbol{P}_{out}(\Theta_{inv} \to \Theta')$$

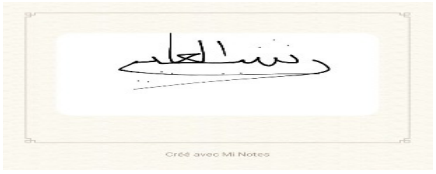


où :

- P_{in} est la probabilité de plongée (souvent 1 pour le processus standard).
- $P_{evol}(\Theta_{inv}, T)$ est la probabilité que le séjour dans l'invisible modifie les constantes, par exemple par diffusion des fréquences.
- P_{out} est la probabilité que la réémergence donne Θ'.

Dans la plupart des cas, on considère que la plongée est déterministe ($P_{in}=1$ pour $\Theta_{inv}=\Phi_{in}(\Theta)$) et que la réémergence est contrôlée (donc P_{out} est une fonction de Dirac ou une distribution centrée sur $\Theta_{inv}+\delta\Theta$). L'évolution pendant le séjour peut être modélisée par un processus de diffusion sur les fréquences :

$$P_{evol}(\Theta_{inv},T)=\mathcal{N}(D(T);D_0,\sigma_D^2 T)\cdot\mathcal{N}(H(T);H_0,\sigma_H^2 T)$$



où $\mathcal{N}$ est une distribution normale, D_0,H_0 les fréquences initiales, et σ_D,σ_H des coefficients de diffusion.

---

5. Rôle des sans-masse et des vitesses supraluminiques

Un sans-masse se déplace à une vitesse $v>c$ dans l'ERE. Lorsqu'il rencontre un programme, il peut lui transférer une énergie proportionnelle au facteur de Lorentz $\gamma=(1-v^2/c^2)^{-1/2}$. Ce transfert se traduit par un incrément des constantes de croissance et d'oscillation :

$$\delta A=\alpha_A\gamma,\quad \delta C=\alpha_C\gamma,\quad \delta F=\alpha_F\gamma$$

où $\alpha_A,\alpha_C,\alpha_F$ sont des constantes d'efficacité. Ainsi, un choc avec un sans-masse très rapide (γ élevé) peut induire une transformation violente, modifiant même les fréquences D,H si l'énergie est suffisante.

6. Exemples mathématiques de transformations

6.1 Néon → eau (H_2O)

Soit $\Theta_{Ne}=(0{,}1,0{,}523,6,0,0{,}41{,}7{,}1047)$ (état invisible). On applique une perturbation $\delta\Theta=(0{,}12,0,0{,}10,0,0,0{,}05,0,0)$. Le nouvel état $\Theta'=(0{,}12{,}1,0{,}10{,}523{,}6,0,0{,}05{,}41{,}7{,}1047)$ est celui de l'eau. La solution de (1) avec ce vecteur donne $p(T)$ croissante ; le temps d'apparition est calculé en résolvant $p(T_{app})=0{,}5$.

6.2 Eau → isotope ($H_2{}^{18}O$)

On part de Θ_{H_2O}. On veut obtenir $\Theta_{isotope}=(0{,}12{,}1,0{,}10{,}533{,}6,0,0{,}05{,}41{,}7{,}1067)$. On applique un opérateur de réémergence avec $\delta D=10$, $\delta H=20$ (et $\delta A=0{,}12$, etc., déjà présents). La probabilité de succès dépend de la précision de l'outil. On peut la modéliser par une gaussienne centrée sur la cible.

6.3 Eau → isomère

On prend $\Theta_{isomère}=(0{,}12{,}1,0{,}10{,}600{,}0,0{,}05{,}41{,}7{,}1200)$. Le rapport $H/D=2$ est conservé (cas d'un isomère de structure), mais les valeurs sont très différentes. La transformation nécessite une perturbation plus forte, par exemple avec un sans-masse de grande vitesse.

---

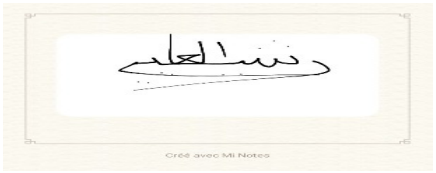
7. Calcul de la probabilité de retour à la forme initiale

Soit Θ_0 l'état initial. On considère une traversée complète (visible → invisible → visible). La probabilité de retrouver exactement Θ_0 après un séjour de durée T dans l'invisible est :

$$P_{\text{retour}}(T) = \Theta_{\text{inv}} \sum \delta_{\Theta_{\text{inv}}, \Phi_{\text{in}}(\Theta 0)} \cdot \int N(D; D0, \sigma_D^2 T) N(H; H0, \sigma_H^2 T) \mathbf{1}\{\Theta' = \Theta 0\} dD dH$$

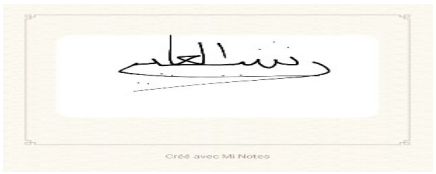
où $\mathbf{1}\{\Theta' = \Theta 0\}$ vaut 1 si l'opérateur de réémergence redonne exactement $\Theta 0$. Dans le cas où la réémergence est déterministe et ramène à $\Theta 0$ (mêmes D,H), la probabilité se réduit à :

$$P_{\text{retour}}(T) = \exp\left(-2\sigma_D^2 T (\Delta D)^2\right) \exp\left(-2\sigma_H^2 T (\Delta H)^2\right)$$



avec $\Delta D = 0$, $\Delta H = 0$ si on cible exactement les fréquences initiales. En réalité, la diffusion fait que la probabilité de retrouver exactement les fréquences initiales est nulle si la distribution est continue ; on doit plutôt considérer une bande de tolérance. On définit donc une **probabilité de retour approchée** :

$$P_{\text{retour}}(T) \approx \int_{D0-\varepsilon_D}^{D0+\varepsilon} \int_{H0-\varepsilon_H}^{H0+\varepsilon} N(D; D0, \sigma_D^2 T) N(H; H0, \sigma_H^2 T) dD dH$$



Cette intégrale tend vers 1 lorsque $T \to 0$ et vers 0 lorsque $T \to \infty$.

---

8. Simulation numérique en Python

Le code ci-dessous calcule cette probabilité de retour pour l'eau, en supposant une diffusion des fréquences.

python

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.integrate import dblquad
from scipy.stats import norm

# Paramètres
D0 = 523.6   # fréquence initiale
H0 = 1047.0  # fréquence initiale
sigma_D = 50.0   # coefficient de diffusion (s_RE^-1/2)
sigma_H = 100.0
epsilon = 10.0   # tolérance (bande de fréquence)

def prob_retour(T):
    # Intégrale sur D et H dans la bande [D0-ε, D0+ε] etc.
    def integrand(D, H):
        return norm.pdf(D, D0, sigma_D*np.sqrt(T)) * norm.pdf(H, H0, sigma_H*np.sqrt(T))
    # Intégrale double
    res, _ = dblquad(integrand, D0-epsilon, D0+epsilon, lambda D: H0-epsilon, lambda D:
H0+epsilon)
    return res

T_values = np.linspace(0.001, 0.05, 100)
P = [prob_retour(T) for T in T_values]

plt.plot(T_values, P, 'b-', linewidth=2)
plt.xlabel('Temps passé dans l'invisible (s_RE)', fontsize=12)
plt.ylabel('Probabilité de retour à H₂O (bande ±10)', fontsize=12)
plt.title('Probabilité de retrouver la forme morphique initiale')
plt.grid(True, alpha=0.3)
plt.savefig('retour_bande.png', dpi=150)
plt.show()
```

Ce code montre que la probabilité décroît exponentiellement avec le temps.

---

9. Conclusion

Le formalisme mathématique développé dans ce chapitre fournit un cadre rigoureux pour l'étude des transformations chimiques dans le paradigme de Rachid ELAÏDI. Les notions clés sont :

- L'espace des constantes $\mathbb{E}$ comme espace des états programmatiques.
- Les opérateurs Φ_{in} et Φ_{out} pour modéliser les traversées entre mondes.
- Les matrices de transition probabilistes intégrant la diffusion des fréquences pendant le séjour invisible.
- Le rôle amplificateur des sans-masse supraluminiques via le facteur de Lorentz.

Les exemples concrets (Néon → eau, isotopes, isomères) illustrent comment choisir les incréments $\delta\Theta$. Les simulations numériques permettent de quantifier la probabilité de retour à la forme initiale. Ce chapitre pose ainsi les bases mathématiques pour des prédictions expérimentales futures.